旋纹潜蛾的生物学及综合防治

虞国跃[1,*]，王 合[2]，张君明[1]，冯术快[3]，刘 曦[2]，赵连祥[4]
(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所，北京 100097；2. 北京市林业保护站，北京 100029；
3. 昌平区园林绿化局，北京 102200；4. 北京昌平流村王家园果园，北京 102202)

摘要：旋纹潜蛾 *Leucoptera malifoliella* (Costa)是苹果和梨上一种偶发性害虫。本文依据文献和我们的研究，综述了旋纹潜蛾的分布与危害、寄主植物、形态、习性、天敌和防治技术。旋纹潜蛾在北京 1 年 4 代，越冬代成虫在苹果花蕾露红期时开始羽化，可持续 1 个多月，盛期发生在苹果的花期。幼虫分为 3 个龄期，其各龄的平均头壳宽度分别为 0.23，0.33 和 0.44 mm。2011 年旋纹潜蛾在北京昌平王家园果园大发生。2011 年春天在该果园用性诱剂引诱到大量的旋纹夜蛾成虫，第 1 代的卵量很低，且当年的种群数量一直很低，可能的原因是越冬期的干旱影响了蛹的活力，从而影响成虫的产卵量。在防治上，以保护寄生蜂为主，可人工清除越冬蛹，大发生时在卵盛期用灭幼脲喷雾防治。本文还提供了该虫为害状、成虫、卵、幼虫、茧和部分天敌的彩色图片。

关键词：旋纹潜蛾；形态特征；生物学；幼虫龄期；寄生蜂；防治
中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2013)07-0816-08

Bionomics and integrated control of the pear leaf blister moth, *Leucoptera malifoliella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)

YU Guo-Yue[1,*], WANG He[2], ZHANG Jun-Ming[1], FENG Shu-Kuai[3], LIU Xi[2], ZHAO Lian-Xiang[4]
(1. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Forest Protection Station of Beijing, Beijing 100029, China; 3. Changping Bureau of Landscape and Forestry, Beijing 102200, China; 4. Liucun Wangjiayuan Orchard, Changping, Beijing 102202, China)

Abstract: *Leucoptera malifoliella* (Costa) is an occasional pest of apple and pear in China. This article reviews its damage and host plants, morphology, biology, natural enemies and control techniques, based upon literatures and our research. The moth occurs 4 generations a year in Beijing. Adult emergence starts in the spring, at the ‘pink bud’ stage of apples, and lasts for about one month, with the peak period at the apple florescence. The caterpillars undergo three larval instars to complete their development, with the average head capsule width of 0.23, 0.33, and 0.44 mm for each instar, respectively. Its outbreak occurred in the Wangjiayuan Orchard in Beijing in 2010. In spring of 2011 in this orchard, a huge number of adults were found in the sex pheromone traps, but very few eggs were found on the leaf. The population thereafter was maintained at a very low level. This is believed to be caused by low humidity for overwintering pupae and then low fecundity for the females. Protection of parasitoids is vital for its control, and measures including removing old and loose barks with the cocoons of pupae, and spraying with chlorbenzuron at egg peak during its outbreak, are also suggested. Color pictures for the damage, adult, egg, larva, cocoon and some parasitoids of this moth are provided.

Key words: *Leucoptera malifoliella*; morphological characteristics; biology; larval instar; parasitoids; control

旋纹潜蛾 *Leucoptera malifoliella* (Costa, 1836)属鳞翅目潜蛾科(Lyonetiidae)。在欧洲它是苹果上的一种重要害虫，并对旋纹潜蛾进行了较多的研究，主要集中在不同苹果品种对旋纹潜蛾的影响

基金项目：北京市自然科学基金项目(6122016)
作者简介：虞国跃，男，1963 年生，浙江慈溪人，博士，研究员，从事瓢虫科分类和利用以及果树园林害虫综合防治的研究，E-mail: yuguoyue@aliyun.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: yuguoyue@aliyun.com
收稿日期 Received: 2013-04-12；接受日期 Accepted: 2013-05-30

(Damianov *et al.*, 2007)，性诱剂的作用(Francke and Franke, 1987; Tóth *et al.*, 1989)，卵期防治技术(Injac *et al.*, 1987)，人工模拟落叶对苹果的影响(Baufeld and Freier, 1991)等。旋纹夜蛾在我国于1951年最先发现于山东济南和烟台，为害苹果，曾造成部分果园的灾害(章宗江，1960)，当时定名为苹果潜叶蛾 *Leucoptera* sp.。吴维钧(1961)对其成虫、幼虫和卵作了详细描述，命名为旋纹潜叶蛾 *Leucoptera scitella* Zeller；国内多数文献采用此学名(张乃鑫等，1979；无名氏，1981；王源岷等，1999)。

旋纹潜蛾曾为梨的重要害虫。曹子刚(1964)和葛志强等(1999)研究了梨树旋纹潜蛾的发生期，并进行了化学防治试验。20世纪90年代以来，旋纹潜蛾总体上发生较轻，个别地区发生严重(王源泯等，1999)，相关报道较少。韩丽萍(1994)报道旋纹夜蛾于1993－1994年间在河北唐海县大发生，并介绍了化学防治的方法。

本文在查阅文献的基础上，结合我们在显微镜下观察和田间研究，综述旋纹潜蛾分布与危害，形态，生物学特性及防治对策。

1 分布与危害

旋纹潜蛾分布较广，国外分布于哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、伊朗、土耳其、俄罗斯(中南部、西伯利亚西部)和欧洲，国内分布于北京、陕西、宁夏、新疆、吉林、辽宁、河北、山西、河南、山东、四川、贵州等省(市)自治区。

关于该物种在中国的分布来源，吴维钧(1961)曾推测其是从欧洲引入的外来种。从过去仅知分布于欧洲，我国仅发现于山东等地，这种推测有一定道理。目前已知的分布区已从我国的东部至西北新疆等地，从中亚直到欧洲均有分布，即从我国东部至欧洲的分布区已连接起来，因此至少它不是近期传入的。对于中国，它并不是外来种(Von W. Mey博士，私人通信)。

在欧洲，旋纹潜蛾的寄主植物较多。Mey(1994)记录了以下植物为其寄主：桦木科的灰赤杨 *Alnus incana*，垂枝桦 *Betula pendula*，毛枝桦 *B. pubescens*，蔷薇科的卵叶唐棣 *Amelanchier ovalis*，欧洲甜樱桃 *Cerasus avium*，草原樱桃 *C. fruticosa*，欧洲酸樱桃 *C. vulgaris*，全缘栒子 *Cotoneaster integerrimus*，单子山楂 *Crataegus monogyna*，榅桲 *Cydonia oblonga*，苹果 *Malus domestica* (＝*M. pumila*)，小苹果 *M. sylvestris*，欧洲花楸 *Sorbus aucuparia*，欧洲李 *Prunus domestica*，黑刺李 *P. spinosa*，西洋梨 *Pyrus communis*。在斯洛文尼亚，除了它是苹果、梨的重要害虫外，还能寄生桃 *Prunus persica*、酸樱桃 *Prunus cerasus*、沙梨 *Pyrus pyrifolia* 和番茄 *Solanum lycopersicum* (Bajec *et al.*, 2009)。

在我国，旋纹潜蛾可寄生苹果、海棠果 *Malus prunifolia*、三叶海棠 *M. sieboldii*、叶山定子 *M. manchurica* 和多种梨(吴维钧，1961)。旋纹潜蛾主要为害苹果和梨(章宗江，1960；曹子刚，1964；葛志强等，1999)；1986年北京市平谷峪口村苹果园曾大发生(个人观察)；20世纪90年代曾在我国苹果上大量发生(王源泯等，1999)；2010年在北京昌平王家园苹果园大发生(个人观察)。陈秀龙等(2009)报道了其在板栗上的危害，这是过去未记载的寄主植物。

20世纪60－70年代，桃小食心虫、卷叶蛾和红蜘蛛是苹果的主要害虫(张乃鑫等，1979)。在过去50多年，旋纹潜蛾未被列入主要害虫之中(崔洪莹和虞国跃，2008)。目前北方有机苹果园中，害虫主要有苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana*、金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella*、苹果绵蚜 *Eriosom lanigerum*、山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* (又名"山楂红蜘蛛")(刘奇志等，2008)。2010年9月初在北京昌平有机果园(王家园果园)的苹果上，我们发现旋纹潜蛾大发生，平均有老潜斑5个/叶，卵27.8粒/叶和新潜斑13.6个/叶(未发表数据)。德国的人工落叶实验表明，落叶30%，50%和75%明显影响当年果的大小、产量、质量和明年的花芽量，而对果的大小影响更为显著(Baufeld and Freier, 1991)。潜斑较多时可造成果树的落叶。有文献所道，为害严重时一片叶上有数个到数十个潜斑，造成早期大量落叶，对果品产量和树势有很大影响(无名氏，1981)；在山东栖霞，1979年9月15%的果树大量落叶，影响了果树的正常生长和发育，也直接影响了当年和来年的果品产量、质量(吕家踺，1985)。在辽西地区为害严重的梨园，"每个被害叶片平均有虫2.33个，造成早期大量落叶，落叶率达35%以上"；"受害严重时，一个叶片上有数个至十余个潜斑，4～5个潜斑即可引起落叶。一般第2代幼虫为害后(即7－8月份)就会大量落叶，严重影响果树的生长发育和产量"(葛志强等，1999)。在我们观察的果园，红富士苹果9月份旋纹潜蛾的发生量

很大，有些枝条上绿色叶面不足 20% 时，未见落叶，至 10 月仍未见明显落叶现象，11 月上旬受害严重的叶片开始落叶，较正常落叶提前。这可能与发生的时间及果树的种类(或品种)有关。

2 形态特征

章宗江(1960)和吴维钧(1961)对成虫、幼虫和卵作了详细描述，任兰田(1994)提供了北方苹果上几种常见潜叶蛾的形态和习性特点，可供参考。详细的外生殖器特征，可参见 Mey(1994)，这里仅提供鉴别特征及彩色图片。

2.1 成虫

翅展 6 ~ 8 mm，体、足银白色，头顶具竖立白色毛丛；前翅短宽，长不及宽的 4 倍，基半部白色，近端部具橘黄色不规则斑，斑的边缘多有褐色围边，臀区具黑色斑，内侧具银白色和紫黑色鳞片；缘毛白色，具几条黑褐色横带(图版Ⅰ：1，2)。

2.2 卵

扁椭圆形，灰白色，背面平，或略有下陷，表面具网状脊纹，长 0.28 ~ 0.30 mm，宽 0.22 ~ 0.25 mm；卵单产，多产于叶背(图版Ⅰ：3)。

2.3 幼虫

老熟幼虫体长 4.0 ~ 4.8 mm，淡黄绿或黄白色；头黑色，前胸背板(及腹板)中央具一个长方形的大黑斑；中后胸及腹 1 ~ 2 节两侧具乳状突，端部长一细毛(图版Ⅰ：5，6)。

2.4 蛹

体长 3.5 mm，淡褐色。幼虫化蛹前先在基质表面吐丝，呈“H”形的丝带，随后在丝带下结薄茧，并在其内化蛹。

3 生活习性

旋纹潜蛾在不同的地理位置发生的代数不同，由北向南发生代数逐渐增加。在德国，成虫发生在 5，7 和 8 月，1 年 2 代，部分 1 年 1 代，即部分第 1 代蛹进入滞育状态，直到第 2 年春才羽化(Mey，1988)。在欧洲南部，可发生 3 ~ 4 代(Mey，1988)。

在辽宁一年发生 3 代(葛志强等，1999)，山东烟台一年发生 4 代(章宗江，1960)。我们经过近 3 年的观察(包括性诱剂的应用)，旋纹潜蛾在北京 1 年发生 4 代，从 9 月下旬开始陆续以蛹茧在枝干裂缝等处越冬，个别幼虫可以苹果的梗洼和萼洼内结茧化蛹；翌年 4 月中旬(始见于 4 月 10 日)开始羽化成虫，4 月下旬至 5 月初进入羽化盛期，此时正值苹果花期，6 月上中旬可见第 1 代成虫发生，7 月中下旬可见第 2 代成虫，8 月下旬至 9 月上旬可见第 3 代成虫。

越冬代成虫在苹果花蕾露红期时开始羽化，可持续 1 个多月，盛期在苹果的花期。成虫产卵于叶背，单产。每雌平均产卵 31.42 粒(曹子刚，1964)；成虫产于健康的新叶上，通常被害过的老叶不作为产卵的场所(章宗江，1960)；但我们发现在旋纹潜蛾发生的后期(第 3 ~ 4 代)，由于发生量大，成虫可在为害过的叶背产卵，甚至产卵于枯斑上。通常一片叶子上产 1 至数粒卵，发生量大时，每叶的卵量可大增。2010 年 9 月 9 日，我们随机统计了大发生时的 15 片苹果叶，卵量为 12 ~ 55 粒/叶，平均 27.8 粒/叶，且每叶均有老的潜斑或锈病斑，和幼虫孵化后潜入叶内的新潜斑。

雌成虫性外激素的有效成分、结构已明确，为(5s，9s)-5，9-二甲基十七烷[(5s，9s)-5，9-dimethylheptadecane](Tóth *et al*.，1989)，并可人工合成(Liang *et al*.，2000)，可用于旋纹潜蛾种群数量动态的监测和预报(Andreev *et al*.，2001)。

成虫选择健康的叶片产卵，这种习性有利于卵的孵化。在健康叶片上，卵的孵化率大于 95%，而在枯叶上，孵化率仅在 5% ~ 11%(Ivanov，1976；Cabi，2013)，可能与健康叶面蒸腾作用提供水分有关。卵的历期在 15 ~ 17℃ 时是 13 ~ 17 d，23 ~ 24℃ 时是 8 ~ 10 d(Ivanov，1976；Cabi，2013)。

已孵化的卵壳呈黑色，小幼虫咬破与叶片相粘一面的卵壳，直接钻入叶肉组织。幼虫几乎按同心圆环绕潜食，并排泄小颗粒状的粪便，透过上表皮可见呈同心圆排列的粪粒。叶片被潜食后，被潜食部分的上表皮枯死，呈枯黄色，似病斑，明显可见。潜斑较小时，在叶正面可见潜斑(图版Ⅰ：4)，而在叶背不显。潜斑大小、形状不一，大多近于圆形，部分由于所处位置(如遇主脉、叶缘)，形状会变长，近于椭圆形。有时发生数量大，由于潜食范围的扩大，而与相邻的幼斑相通；最多可多达 4 头幼虫在一个相通的潜斑内(图版Ⅰ：6)。潜斑的平均面积为 0.96 cm^2，约占叶面积的 4.2%(Baufeld and Freier，1991)。

对于旋纹潜蛾的幼虫到底有几个龄期，目前仍有不同的意见。Mey(1988)从测量头壳的数值，认为幼虫分 4 龄。但所测量的 1 龄头壳宽数值很小，

仅稍大于 0.1 mm，这与该文中测量的卵长为 0.36～0.43 mm，宽平均为 0.18 mm 相比，也有一些可讨论的地方(这个卵的长宽数值与我们的测量值不符，也与卵的形态不符)。我们从潜斑所留的头壳及末龄幼虫头壳的大小，可把头壳分为 3 个龄期，其平均头壳宽度分别为 0.23，0.33 和 0.44 mm，未发现长度约为 1 mm 的头壳。

幼虫的历期在不同的季节不同。在德国，春季第 1 代幼虫需 39 d 完成发育，而秋季第 2 代(越冬代)最多需 45 d 完成发育(Mey，1988)。在山东烟台，幼虫期 22～30 d(章宗江，1960)。在保加利亚通过 7 年的物候和数量监测等，计算了旋纹潜蛾的有效积温：发育起点温度 5.5℃，卵、幼虫和蛹的有效积温分别为 155～172，284～328 和 212～246 日度，从卵至成虫的总积温为 651～746 日度，越冬代成虫始蛾期的积温为 122～177 日度，而见卵期的积温为 153～185 日度(Andreev *et al.*，2001)。

幼虫老熟后，钻出潜斑，寻找合适的地点结茧化蛹。越冬代幼虫多选择树枝干裂缝、伤口处及大枝的背阴处吐丝结茧(图版Ⅰ：8)，有时也会在苹果的梗洼和萼洼处化蛹(图版Ⅰ：9)，而非越冬代幼虫则选择叶背化蛹(图版Ⅰ：7)，少数可在叶正面化蛹。幼虫先吐丝在基质表面作长方工字形的白丝幕一层，后在幕中央作白色小茧，并在其中化蛹。幕长 7.5～9.0 mm，宽 3.9 mm，茧梭形，长 4.8～5.2 mm(章宗江，1960)。越冬的茧常常几个甚至几十个群集在一起。

4　天敌种类及寄生率

旋纹潜蛾具有丰富的天敌昆虫，有时寄生率相当高。世界小蜂数据库(Universal Chalcidoidea Database)记录了旋纹潜蛾寄生性小蜂类天敌共 51 种：46 种是姬小蜂，4 种金小蜂和 1 种跳小蜂(Noyes，2013)。但值得注意的是此网站把 *Leucoptera scitella* 作为独立的种。上述数字是两"种"合并后的结果，共有 17 种是"共有的"。由于这些寄生蜂个体小，又有重寄生的可能，一些种的分类地位及寄主关系仍需深入研究。在德国的水果产区(Havelländischen Obstbaugebiet)，于 1984－1987 年研究记录了旋纹潜蛾寄生性天敌 16 种，苹果上幼虫期最高寄生率为 1986 年第 2 代(越冬代)的 54.7%，蛹期最高寄生率为 1987 年第 2 代的 57.1%(Mey，1993)。在罗马尼亚，1992－1996 年的调查共记录苹果上旋纹潜蛾的寄生蜂 19 种，对幼虫的寄生率在 2.4%～32.5% 之间，并没有以前该国文献所道的寄生率(幼虫期 19%～63% 和蛹期 13%～65%)高(Cojocaru，2000)。还记录了一些茧蜂科的种类，如一种异茧蜂 *Rhysipolis decorator* (= *Colastes decorator*)(Santoro and Arzone，1983)。

记录的捕食性天敌昆虫有齿爪盲蝽 *Deraeocoris flavilinea*、全北束盲蝽 *Pilophorus perplexus* 和柞蚕马蜂 *Polistes gallicus*(Santoro and Arzone，1983)。

在我国，旋纹潜蛾的寄生蜂也相当丰富(图版Ⅰ：10～12)，还未有系统研究的报告。章宗江(1981)从山东烟台记述了 2 种姬小蜂：苹果潜叶蛾姬小蜂 *Pediobius mitsukurii* 和梨潜皮蛾姬小蜂 *Pediobius pyrgo*(图版Ⅰ：10)，前者在用药较少的果园，对越冬代蛹的寄生率可高达 56%，后者可达 40% 以上。此外国内一些文献还记录了其他天敌。在陕西，七星瓢虫可杀死 38%～50% 的旋纹潜蛾(Anon.，1977)。七星瓢虫的食性较杂，遇到外出化蛹的旋纹潜蛾幼虫，或可捕食，但难于统计捕食率。吕家睦(1985)记录了豌豆寄生蝇、赤眼蜂(均无学名)是重要天敌，具较高的寄生率。

5　发生规律

旋纹潜蛾是一种次要的害虫，有时会大发生。张乃鑫等(1979)以柱形图的形式记录了 1959－1975 年秦岭北麓苹果产区旋纹潜蛾的发生情况：1959－1962 年为"虫量很少，受害极轻"，1963 年为"数量较多，受害较重"，次年及以后为"虫量较少，受害轻微"；间隔 11 年后的 1974 年又为"数量较多，受害较重"；1975 年转入"虫量较少，受害轻微"。在山东烟台，1951－1953 年部分苹果园发生严重，到 1955 年基本"消灭"了此虫(章宗江，1960)。旋纹潜蛾大发生的年份，种群数量的增加非常快，常常到越冬代时数量达到高峰。

旋纹潜蛾大发生的原因，被认为与使用广谱性的杀虫剂有关。"在用药历史较长，喷药次数较多的果园里，在个别年份此虫猖獗为害，推测与药剂大量杀伤其天敌有关"(张乃鑫等，1979)；而在未受干扰的果园里，越冬代幼虫和蛹的寄生率是死亡的关键因子(Mey，1993)。

旋纹潜蛾大发生后，下一代或次年种群数量会陡然下降，原因尚不明确。由于旋纹潜蛾的大发生，北京王家园苹果园于 2010 年 9 月用植物源药

剂进行喷雾防治，3 d 后校正死亡率达 97.23%，从这个数字看，防治效果相当好；次年 3 月下旬在果园内设置性诱剂，4 月 23 日最高单盆诱量为 230 蛾/d,可见越冬代成虫的发生量仍很大；春季苹果叶上的卵量很少，当年旋纹潜蛾未对果园产生为害，且在果园内常常难以找到潜斑，直至 2013 年春仍保持很低的种群水平(未发表数据)。对于类似的情况，Mey(1993)认为必定有其他致死因子的存在，一个假设是由于某种原因，雌蛾只产部分卵或产卵量下降。

卵量的减少或许与降水量少或冬季干旱有关。2010 年 10 月 24 日至 2011 年 2 月 10 日，北京市连续 108 d 无有效降水；3 月无降水，4 月 1 日和 2 日分别降 2.6 和 3.7 mm，后至 4 月 20 日无降水，21 和 22 日分别降 3.0 和 5.1 mm，4 月 29 日降 1.7 mm，5 月 8 - 10 日分别降 15.1，2.2 和 0.5 mm(北京市气象局，未发表数据)。2011 年昌平王家园果园第一代的蛾量非常高，性诱剂所诱的蛾量从 4 月 16 日 - 5 月 3 日处于高位，3 d 时 10 盆的蛾量约在 500 头或以上(未发表数据)。因为在蛾的发生盛期有降水，产卵量少的一个可能原因是蛹期长期干旱，造成了蛹的失水，影响了生殖系统的正常发育。当年北京的美国白蛾也有类似情况。对于相对较为暴露的越冬蛹来说，长期干旱或湿度低可能会影响成虫的生殖力。大发生后旋纹潜蛾数量的突然下降，其原因仍有待研究。

6 防治对策及措施

对于旋纹潜蛾这类生活隐蔽、天敌众多的害虫，在防治策略上应特别注意天敌的保护利用，不宜采用或少采用对天敌不利的防治措施(如盲目使用广谱性杀虫剂、清除杂草等)，对危害较重的果园，注重虫口数量的监测(性外激素做的诱芯是一种较好的方法)，协调各种防治方法，把害虫控制在经济危害水平之下。适期防治尤为重要(Andreev *et al.*, 2001)。

6.1 天敌的保护利用

天敌是旋纹潜蛾(包括其他潜叶类昆虫)一个重要的控制因子，应予以保护利用。开展本地寄主蜂的调查，以明确主要种类及保护利用措施。在山东烟台，姬小蜂 *Pediobius* spp. 是越冬蛹中最重要的寄生蜂，章宗江(1981)认为除了在果园内避免施用广谱性的杀虫剂外，还可在果园外用白杨做防风林带，把冬季人工防治中刮下的茧保存在室外冷凉处(应事先知道寄生率较高，如达 30% 或以上)，翌年 4 月放入寄生蜂羽化器中，挂于果园的枝条上；或果园内无这类寄生蜂或较少，可从他处引入。并保留果园内的杂草(覆盖草)，增加生物多样性，提高天敌的控制能力；杂草生长较高时，可采用割短的方法，以控制草的高生长。

6.2 人工防治

旋纹潜蛾的越冬代幼虫会在树干枝杈、背阴处结茧越冬，有时数量很多，几十头集中在一处化蛹。可在冬季对这些部位进行刮除，带有茧的树皮等可按上述方法，保护利用其中的寄生蜂。

6.3 化学防治

由于不同的叶果比、产量水平和不同代别，旋纹潜蛾的经济阈值有很大的不同，同时由于种群数量发展很快，通常在苹果生长的早期阈值较低，而后期阈值较高。在德国第 1 和第 2 代的阈值分别在 0.1 ~ 2.5 和 0.3 ~ 3.5 个卵粒和潜斑/叶之间。实施化学防治宜使用对天敌昆虫影响较小的药剂，如在卵的孵化盛期，用 25% 灭幼脲 3 号 1 500 ~ 2 000 倍液喷雾，可取得良好的防治效果。在有机果园可选择生物源农药如除虫菊素，但对天敌的杀伤较大。

7 小结和展望

旋纹潜蛾是苹果和梨上的一种次要害虫，寄生蜂是重要的自然控制因子。欧洲旋纹潜蛾的天敌研究较为详细，单是小蜂总科记录了 51 种(Noyes, 2013)；在我国，尚未有旋纹潜蛾寄生蜂的详细报道，寄生蜂的种类及其作用仍需要明确。由于寄生蜂的重要作用，因此在苹果园或梨园的病虫害管理上，应充分考虑天敌的保护和利用，如使用的农药对潜叶类天敌的影响较小，少用或不用广谱性的化学杀虫，可选用仿生的生长调节剂等，这样可减少对寄生蜂成虫的杀伤。

它大发生后数量常常突然下降，其原因尚不清楚。Mey(1993)认为必定有其他致死因子的存在，如雌蛾只产部分卵或产卵量下降。我们认为其中的原因可能越冬的蛹长期处于低湿度或在长期干旱的情况下，影响蛹期的转化，并最终影响成虫的生殖力。对于这一推测，还需要有实验进行证实。

一些形态及生物学特性仍然不明。对于幼虫的龄期，有不同的意见，如 6 龄和 4 龄(Mey, 1988)，

在北京我们的观察则是 3 龄，这与同科的桃潜蛾 *Lyonetia clerkella* 一样(Berg，1960；虞国跃，个人观察)。另如性诱剂的应用是否可以作为防治措施和应用的技术措施，也值得研究。

与其他潜叶类昆虫的关系。苹果上除了旋纹潜蛾外，可成为害虫的其他潜叶类昆虫有金纹细蛾 *Phyllonorycter ringoniella* 和银纹潜蛾 *Lyonetia prunifoliellas*。从生态位上看，它与金纹细蛾最为接近，两者存在竞争关系。金纹细蛾是一种更为常见的苹果害虫(张乃鑫等，1979)。我们发现这样一种现象，即如果一种大发生了，另一种数量不大。这两种潜蛾的互作关系仍需研究。

参考文献（References）

Andreev R，Kutinkova H，Arnaudov V，2001. Forecast and signalization of pear leaf blister moth *Leucoptera* (*Cemiostoma*) *scitella* Zell. (Lepidoptera：Lionetiidae) in Bulgaria. In：Salaš P ed. Proceedings of 9th International Conference of Horticulture. Mendel University of Agriculture and Forestry，Lednice. 3：633－641.

Anonymous，1977. Insect Control in the People's Republic of China (CSCPRC Report No. 2). National Academy of Sciences，Washington DC. 1－218.

Anonymous，1981. *Leucoptera scitella*. In：Editorial Committee of Crop Diseases and Insect Pests in China ed. Crop Pests in China. China Agriculture Press，Beijing. 1688－1689.［无名氏，1981. 旋纹潜叶蛾. 见：中国农作物病虫害编辑委员会 编. 中国农作物病虫害. 北京：农业出版社. 1688－1689］

Bajec D，Rodic K，Peterlin A，2009. Wide range of host plants of pear leaf blister moth (*Leucoptera malifoliella* [O. Costa]). In：Maček J ed. Lectures and Papers Presented at the 9th Slovenian Conference on Plant Protection. Universita di Torino，Ljubljana. 431－434.

Baufeld P，Freier B，1991. Artificial injury experiments on the damaging effect of *Leucoptera malifoliella* on apple trees. *Entomol. Exp. Appl.*，61(3)：201－209.

Berg W，1960. Zur Kenntnis der Obstbaumminiermotte *Lyonetia clerkella* L. unter besonderer Berücksichtigung des Massenwechsels während der Jahre 1951 bis 1953. *Journal of Applied Entomology*，45：268－303.

Cabi，2013. Invasive Species Compendium. Datasheets：*Leucoptera malifoliella*. http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=30492&loadmodule=datasheet&page=481&site=144.

Cao ZG，1964. Occurrence of *Leucoptera scitella* and its control experiments. *Journal of Hebei Agriculture*，3(3)：39－42.［曹子刚，1964. 旋纹潜叶蛾发生期观察和防治试验. 河北农学报，3(3)：39－42］

Chen XL，Chen LH，Yuan JH，Mu ZQ，Zhi GW，2009. Bionomics and control of *Leucoptera scitella* in chestnut trees. *Forest Pest and Disease*，28(2)：35－37.［陈秀龙，陈李红，袁娟红，莫志群，支钢伟，2009. 板栗旋纹潜叶蛾生物学特性及防治. 中国森林病虫，28(2)：35－37］

Cojocaru I，2000. The parasitoid complex of the ringed leafminer *Leucoptera scitella* Zeller (Lepidoptera，Leucopteridae)，in Romania. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.*，12(1－6)：435－439.

Cui HY，Yu GY，2008. Analysis of changes and causes of main apple pests in China. *Northern Horticulture*，(3)：73－76.［崔洪莹，虞国跃，2008. 苹果主要害虫的演变及原因分析. 北方园艺，(3)：73－76］

Francke W，Franke F，1987. Identification of 5，9-dimethylheptadecane as a sex pheromone of the moth *Leucoptera scitella*. *Naturwissenschafter*，74：143－144.

Ge ZJ，Gao TY，1999. Occurrence and control of *Leucoptera scitella*. *Northern Fruits*，(3)：12，23.［葛志强，高铁岩，1999. 梨树旋纹潜叶蛾发生规律与防治. 北方果树，(3)：12，23］

Han LP，1994. Damage and control of *Leucoptera scitella*. *Hebei Forestry*，(4)：7.［韩丽萍，1994. 旋纹潜叶蛾的危害与防治. 河北林业，(4)：7］

Injac M，Vrabl M，Dulic K，1987. Control of leafminers *Leucoptera scitella* Zell. and *Phyllonorycter blancardella* F. at their egg stages. *Anz. Schfldlingskd.*，60：115－120.

Liang T，Kuwahara S，Hasegawa M，Kodama，2000. Simple synthesis of 5，9-dimethylated long-chain alkanes，the sex pheromones of leaf miner moths. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*，64(11)：2474－2477.

Liu QZ，Fu ZF，Wang YZ，Zhang LJ，Li ZR，Qi LP，Chen MX，2008. Suggestion on insect pest control of organic orchards in northern China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*，24(6)：296－300.［刘奇志，付占芳，王玉柱，张丽娟，李振茹，亓丽萍，陈梅香，2008. 中国北方有机果园害虫防治建议. 中国农学通报，24(6)：296－300］

Lv JM，1985. Occurrence and control of *Leucoptera scitella*. *Shandong Fruits*，(2)：4.［吕家睦，1985. 旋纹潜叶蛾的发生与防治. 山东果树，(2)：4］

Mey W，1988. Entwicklungszyklus，Bionomie und Populationsökologie derp fennigminiermotte *Leucoptera malifoliella* (Costa，1836) (Insecta，Lepidoptera). *Zool. Anz.*，221(5－6)：319－342.

Mey W，1993. Zur Parasitierung derp fennigminiermotte，*Leucoptera malifoliella* (Costa)，(Lep.，Lyonetiidae) im Havelländischen Obstbaugebiet. *J. Appl. Entomol.*，115(1－5)：329－341.

Mey W，1994. Taxonomische Bearbeitung der westpaläarktischen Arten der Gattung *Leucoptera* Hübner，[1825]，s. l. (Lepidoptera，Lyonetiidae). *Deut. Entomol. Z.*，41：173－234.

Noyes JS，2013. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids.

Ren LT，1994. Identification and control of fruit leaf-miners in Liaoning. *Northern Fruits*，(2)：30－31.［任兰田，1994. 辽宁果树潜叶蛾种类的识别和防治. 北方果树，(2)：30－31］

Santoro R，Arzone A，1983. Investigations on the natural enemies of *Leucoptera scitella* (Zell.) in Piedmont (Lepidoptera Lyonetiidae). In：Atti XIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Universita di Torino，Turin. 221－228.

Tóth M，Helmchen G，Leikauf U，Sziráki GY，Szöcs G，1989. Behavioral activity of optical isomers of 5，9-dimethylheptadecane，

the sex pheromone of *Leucoptera scitella* L. (Lepidoptera: Lyonetidae). *J. Chem. Ecol.*, 15(5): 1535 - 1543.

Wang YM, Zhao KJ, Xu J, Liu QZ, Zhu HB, Chen JF, 1999. Deciduous Fruit Pests in China. Knowledge Publishing House, Beijing. 434 - 448. [王源岷，赵魁杰，徐筠，刘奇志，朱海波，陈景芬，1999. 中国落叶果树害虫. 北京：知识出版社. 434 - 448]

Woo WC, 1964. A new record of two species of fruit tree pests from North China. *Acta Entomol. Sin.*, 10(4 - 6): 396 - 400. [吴维钧，1961. 两种果树害虫——旋纹潜叶蛾及李小食心虫. 昆虫学报，10(4 - 6): 396 - 400]

Zhang NX, Jiang YZ, Shen YG, Cao ZG, Huang KX, 1979. Integrated control of apple insect pests. In: Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences ed. Integrated Control of Main Insect Pests in China. Science Press, Beijing. 222 - 237. [张乃鑫，姜元振，谌有光，曹子刚，黄可训，1979. 苹果害虫综合防治. 见：中国科学院动物研究所 主编. 中国主要害虫综合防治. 北京：科学出版社. 222 - 237]

Zhang ZJ, 1960. Apple leaf-miner (*Leucoptera* sp.). *Entomological Knowledge*, (4): 115 - 116, 125. [章宗江，1960. 苹果潜叶蛾(*Leucoptera* sp.). 昆虫知识，(4): 115 - 116, 125]

Zhang ZJ, 1981. Natural Enemies of Fruit Insect Pests. Shandong Science and Technology Press, Jinan. 190 - 193. [章宗江，1981. 果树害虫天敌. 济南：山东科学技术出版社. 190 - 193]

(责任编辑：袁德成)

虞国跃等：旋纹潜蛾的生物学及综合防治　　　图版 Ⅰ

YU Guo-Yue *et al*.: Bionomics and integrated control of the pear leaf blister moth, *Leucoptera malifoliella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)　　　Plate Ⅰ



1：成虫 Adult；2：成虫交配对 Mating couple；3：叶背的卵 Eggs on the underside of leaves；4：潜斑 Two mines；5：幼虫 Larva；6：多头幼虫在一潜斑内 Several larvae in one mine；7：叶背的蛹茧 Cocoon on the underside of leaves；8：越冬代在树杈下群集的茧 Congregated cocoons on underside of the branch；9：苹果萼洼处的茧 Cocoons in the base of fruit stalk；10：梨潜皮蛾姬小蜂 *Pediobius pyrgo*；11：姬小蜂 *Pediobius* sp.；12：寄生幼虫的新姬小蜂 *Neochrysocharis* sp. parasitizing host larva.